

Geophysikalische Untersuchungen im südlichen Grazer Feld

(Baugeologische Probleme im Grundwasserbereich)

VON H. SEELMEIER & H. HÖNIG (Graz)¹

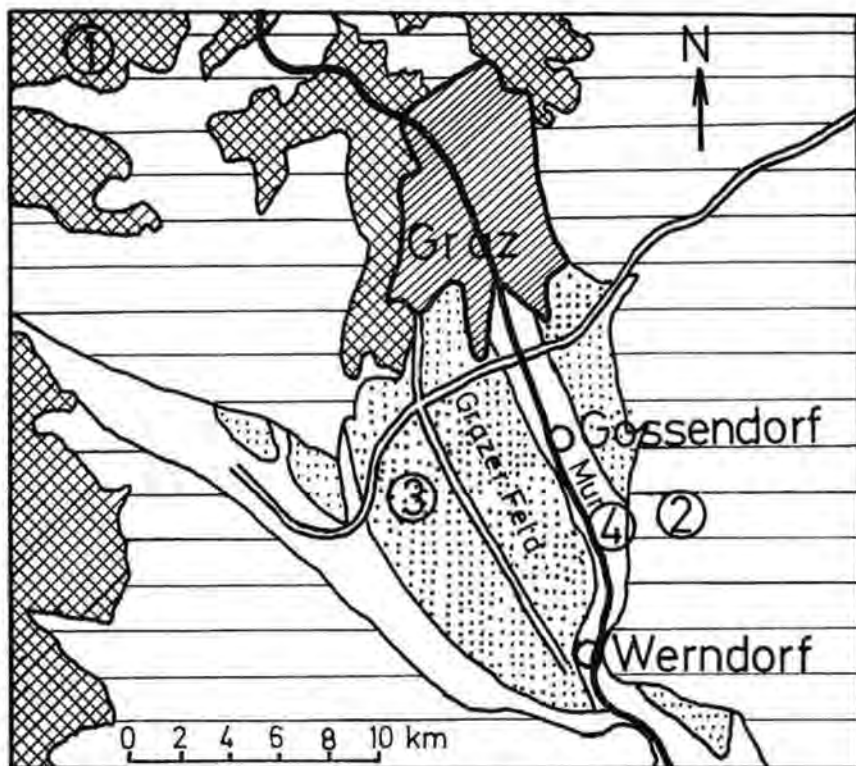


Fig. 1: Lageplan, südliches Grazer Feld (nach H. FLÜGEL & H. HERITSCH, 1968).
1 = vorneogenes Grundgebirge, 2 = Tertiär, 3 = Pleistozän, 4 =
Holozän.

¹ Aus dem Institut für Baugeologie der Technischen Hochschule in Graz
(Vorstand o. Prof. Dr. H. SEELMEIER).

Für den Bau zweier Ölbehälter beim Dampfkraftwerk Werndorf und bei Errichtung der Großkläranlage Gössendorf waren die Baugrundverhältnisse abzuklären (Fig. 1). Dies erfolgte einerseits durch Schürfmaßnahmen, andererseits mittels geophysikalischer Methoden.

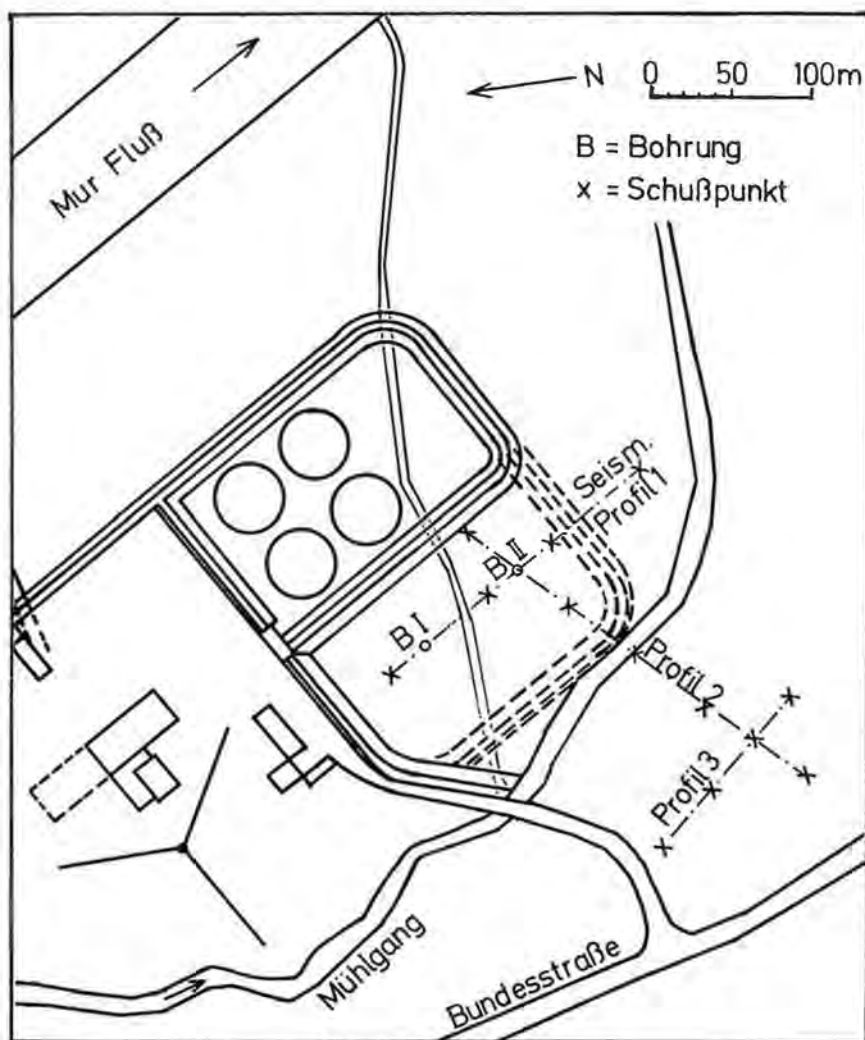


Fig. 2: Lageplan Dampfkraftwerk bei Werndorf; strichpunktiert = seismische Profile.

1. Aufgabenstellung

1. 1. Werndorf

Im Bereich der Großbehälter des Dampfkraftwerkes Werndorf (Fig. 2) galt es, die Mächtigkeit und die Lagerungsdichte des Schotterers sowie die Tiefenlage des Tertiärs zu erkunden.

Die Murschotter des Grazer Feldes sind an sich als guter Baugrund anzusprechen.

Für die Abdichtung der Ölauffangwanne im Behälterbereich ist zum Schutz des Grundwassers eine Schmalwand vorgesehen, die solide in die undurchlässigen Tertiärschichten einzubinden ist.

1. 2. Gössendorf

Die Faulbehälter der Großkläranlage Gössendorf werden als selbsttragende eiförmige Schalen ausgeführt und ohne Fundamente direkt in den tragfähigen Schotter des Grazer Feldes gestellt (Fig. 3). Im Auftrag der Stadtgemeinde Graz wurden geoelektrische und refraktionsseismische Messungen im Gründungsbereich durchgeführt, um die Schotterstärke zwischen Gründungsniveau und Tertiär bzw. die Morphologie der Oberfläche des Tertiärs zu erkunden. Dies war auch notwendig, um gewisse Spannungserhöhungen in der Schale bzw. Spitzenbelastungen in den Griff zu bekommen.

2. Die Meßverfahren

2. 1. Geoelektrik

Die geoelektrische Widerstandsmessung bietet die Möglichkeit, die Mächtigkeit verschiedener Bodenschichten, die nicht durch Bohrungen aufgeschlossen sind, zu erkennen. Dies setzt allerdings eine unterschiedliche Leitfähigkeit der einzelnen Bodenschichten voraus. Jede Bodenschicht hat einen entsprechenden, ihr zugehörigen spezifischen Widerstand, der einerseits von der petrographischen Zusammensetzung (wie beispielsweise Sandkiesgemisch rein oder verlehmt), andererseits aber auch vom Feuchtigkeitsgehalt, von der Lagerungsdichte, vom Ionisationsgrad des Wassers im Boden und anderem abhängt.

Ist also der geologische Aufbau eines Gebietes im Prinzip bekannt, so können Widerstandswerte und Schichtglieder einander zugeordnet werden. Durch zusätzliche Bohraufschlüsse wird die Genauigkeit des Verfahrens wesentlich erhöht. Testmessungen am Ausbiß einzelner Schichten liefern ebenfalls brauchbare Widerstandswerte.

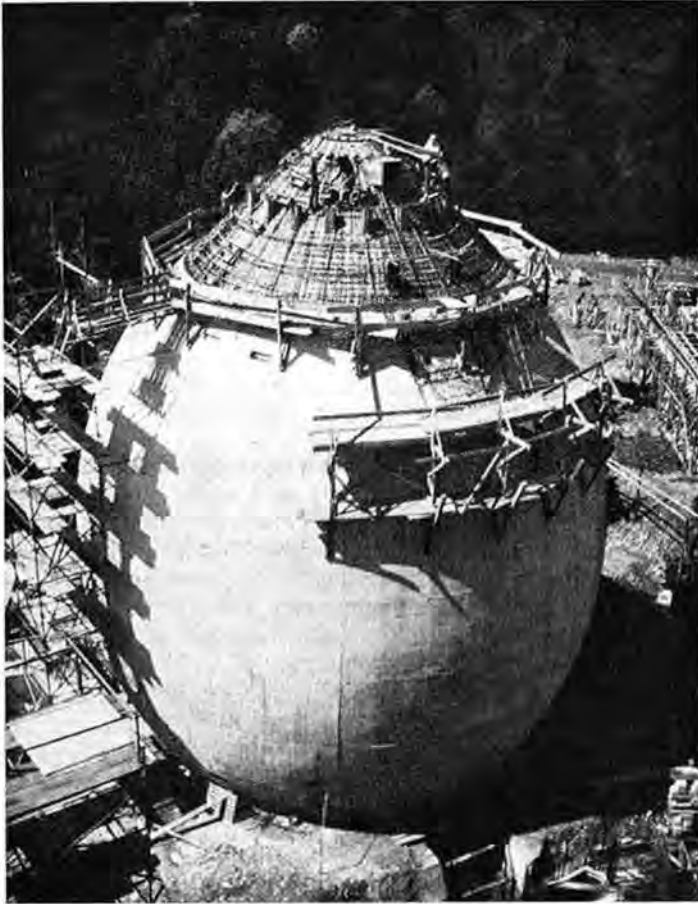


Fig. 3: Generalansicht Faulbehälter Gössendorf; Foto: Ed. Ast u. Co., Ingenieure, Graz — Wien — Innsbruck.

Bei der Auswertung geoelektrischer Meßkurven muß auf das Äquivalenzprinzip besonders Bedacht genommen werden. Dieses besagt, daß das an der Erdoberfläche gemessene Potential des künstlichen elektrischen Feldes für den Fall einer höherohmigen Schicht zwischen zwei niederohmigen Schichten von dem Produkt aus Schichtmächtigkeit und Widerstandswert der Mittelschicht abhängt, nicht aber von den Absolutwerten. Deswegen ergibt eine mächtigere Schicht mit niedrigerem Widerstand die gleiche Meßkurve, wie eine schwächere Schicht mit höherem Widerstand. Für die Auswertung ist es daher notwendig, eine

logische Entscheidung bei der Auswertung benachbarter veränderter Meßkurven insofern zu treffen, als sich die Mächtigkeit der Schicht verändert oder gleich bleibt und der Widerstandswert des Materials durch Inhomogenitäten variiert.

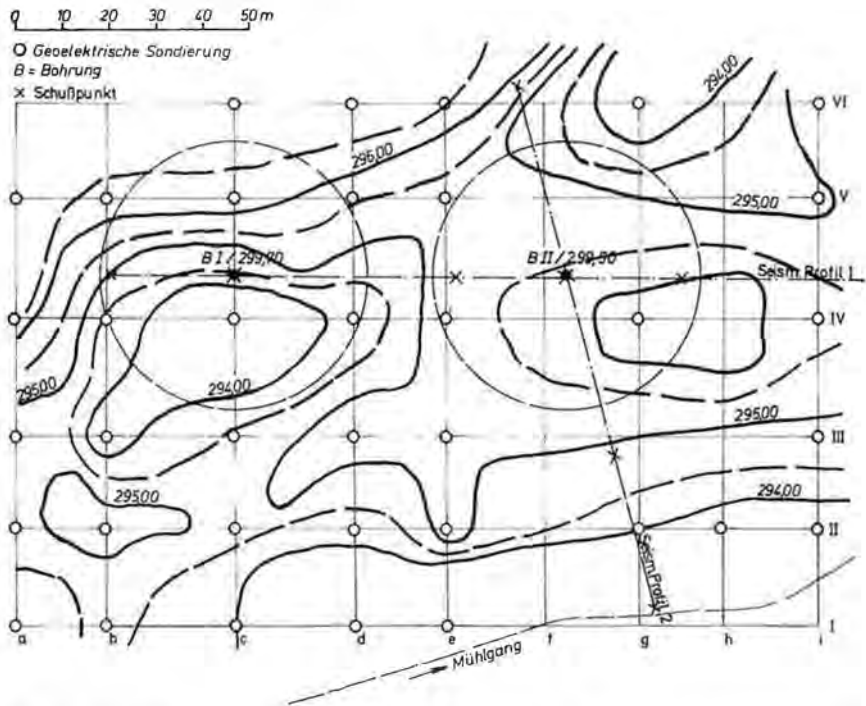


Fig. 4: Lageplan der beiden geplanten Ölbehälter im Kraftwerksgelände bei Werndorf; Höhengschichtlinien der abgedeckten Tertiäroberfläche mit eingetragenen geoelektrischen Sondierungspunkten und seismischen Meßprofilen.

2. 2. Refraktionsseismik

Die Refraktionsseismik macht davon Gebrauch, daß künstlich erzeugte elastische Wellen an der Grenze zweier verschieden fester Medien (Gesteinspakete) gebrochen werden. Ist das tieferliegende Gesteinspaket schallhärter, so kehrt eine gebrochene Welle, die entlang der Grenzfläche verläuft, wieder an die Erdoberfläche zurück und kann dort registriert werden.

Trägt man die Laufzeiten der Oberflächenwelle und der refraktierten Longitudinalwelle als Ordinate über den Abszissen der Geophonpunkte auf, so erhält man zwei sich schneidende Geraden für den einfachen 2-Schicht-Fall. Daraus lassen sich bekanntlich Mächtigkeit und Neigung eines Schichtpaketes berechnen.

3. Durchführung und Ergebnis

3. 1. Werndorf

Der geologische Aufbau des Grazer Feldes ist weitgehend bekannt. Im Raum von Graz sind die terrassenförmig angelegten Schotter relativ mächtig (bis über 20 m). Im Meßgebiet bei Werndorf nimmt hingegen ihre Mächtigkeit bis auf wenige Meter über dem Tertiär ab. Unmittelbar westlich des Meßgebietes, und zwar an der Bundesstraße Graz—Spielfeld, zeigt ein ungefähr 3 m hoher Geländesprung das nächsthöhere Terrassenniveau an.

Bei der geoelektrischen Sondierung wurden die einzelnen Meßpunkte netzartig verstreut im Gelände angeordnet (Fig. 4). Die Abstände der Meßpunkte untereinander betragen zwischen 20 und 50 m, um Änderungen des tertiären Reliefs mit genügender Genauigkeit feststellen zu können.

Die Meßkurven im Gelände Werndorf zeigen ein 3-Schicht-System auf. Die Kurventypen sind vom sogenannten Maximumtyp: Zwischen niederohmigen Schichten ist eine hochohmige Schicht eingelagert. Dies entspricht der Schichtenfolge: Auelehm — grundwassererfüllter Murschotter — Tertiärgebirge. Dieser Aufbau wird auch durch Bohrungen bestätigt.

Ein Grundwasserspiegel konnte geoelektrisch deshalb nicht angesprochen werden, weil zur Zeit der Messung der gesamte Schotterkörper mit Wasser erfüllt war bzw. der Grundwasserspiegel nur wenige Dezimeter tiefer als die untere Auelehmbegrenzung lag.

Damit eine Schicht überhaupt geoelektrisch in Erscheinung tritt, muß ihre relative Mächtigkeit größer als 1 sein, d. h., diese Schicht muß mächtiger sein als ihr gesamtes Hangendes. Die Widerstandsverteilung entspricht daher dem 3-Schicht-Fall.

Da der Grundwasserstand beachtlichen Schwankungen unterworfen ist, kann zu einem Meßzeitpunkt mit tiefer gelegenem Grundwasserspiegel ein geoelektrisches 4-Schicht-System auftreten. Dies ist auch beim Vergleich von geoelektrischen Sondierungen mit jeweiligen Schürfbohrungen zu berücksichtigen.

Bei manchen Meßprofilen fehlt die Auelehmschicht fast zur Gänze, der Schotter reicht bis an die Geländeoberfläche heran. Die normalen 3-Schicht-Fälle gehen dann in 2-Schicht-Fälle über.

Die vertikale Verteilung der Widerstandsverhältnisse ergibt folgendes Bild: Für den Auelehm wurde ein mittlerer Widerstand von 250 Ohm m gemessen. Ein mittlerer Widerstandswert für den mit Wasser erfüllten Murschotter liegt bei 570 Ohm m. Gerade dieser Wert streut besonders stark, wegen der sehr unterschiedlich zusammengesetzten Sedimentablagerungen, wie beispielsweise Einschaltung von Sand- oder reinen Kieslinsen. Als Folge der Äquivalenz kann diese Streuung unter Umständen zu einer falschen Teufenberechnung führen. Der spezifische Widerstand des liegenden Tertiärs wurde im Mittel mit 32 Ohm m gemessen.

Besondere Vorsicht scheint in der Nähe der Mur und in der Nähe murwasserführender Mühlgänge geboten. Durch Infiltration des Murwassers kann der Grundwasserstrom in seiner chemischen Zusammensetzung verändert sein. Auf diese Weise können die Widerstandswerte beeinflusst werden.

In Fig. 4 ist der tertiäre Tegel abgedeckt dargestellt. Die eingezeichneten Höhenschichtlinien entsprechen seiner Oberfläche, die etwas unruhig ist. Die Mächtigkeit der Murschotter wurde hier nach dem geoelektrischen Meßverfahren mit rund 5 m festgestellt, wobei Abweichungen von $\pm 1,5$ m im Bereich der Möglichkeit liegen; hingegen ist die Mächtigkeit der hangenden Auelehmschicht eine viel geringere (60 bis 80 cm).

Im Jänner 1974 wurde das Gelände in Werndorf refraktionsseismisch abgetastet. Hierbei konnte im Prinzip festgestellt werden, daß die Geoelektrik (Sommer 1971) und die Refraktionsseismik recht gut übereinstimmende Ergebnisse brachten.

Zwei der seismischen Profile liegen etwa in N—S-Richtung, während ein drittes die beiden rechtwinkelig schneidet (E—W) und so an den Kreuzungspunkten Kontrollmöglichkeiten schafft (Fig. 2).

Der geologische Aufbau dieses Gebietes ließ sich auch durch die Refraktionsseismik voll bestätigen. Zur Zeit der seismischen Untersuchungen war der Grundwasserspiegel viel tiefer gelegen, so daß der trockene Schotter von dem grundwassererfüllten Schotter gut zu unterscheiden war.

Für die oberste Auelehmschicht zusammen mit dem darunterliegenden, relativ geringmächtigen trockenen Schotter wurde eine Geschwindigkeit der seismischen Welle von 400 m/s festgestellt. Der mit Grundwasser erfüllte Schotter besitzt eine mittlere Geschwindigkeit von 1700 m/s, während die des tertiären Tegels zwischen 2200 und 2400 m/s schwankt.

Die Abstände der Schußpunkte voneinander betragen im Mittel 50 m. Die Aufzeichnungen der Erschütterungswellen erfolgten mit einem zwölfkanaligen Registriergerät, wobei die Laufzeiten millisekundengenau aufgezeichnet werden können.

Die Auswertung der seismischen Messung ergibt folgendes Bild: Im Profil 1, in dem auch die Bohrungen I und II liegen (Fig. 5a), verläuft die tertiäre Oberfläche relativ flach und liegt etwa auf Kote 294,00. Hingegen liegt die Oberfläche des tertiären Gebirges im Profil 2 (E—W

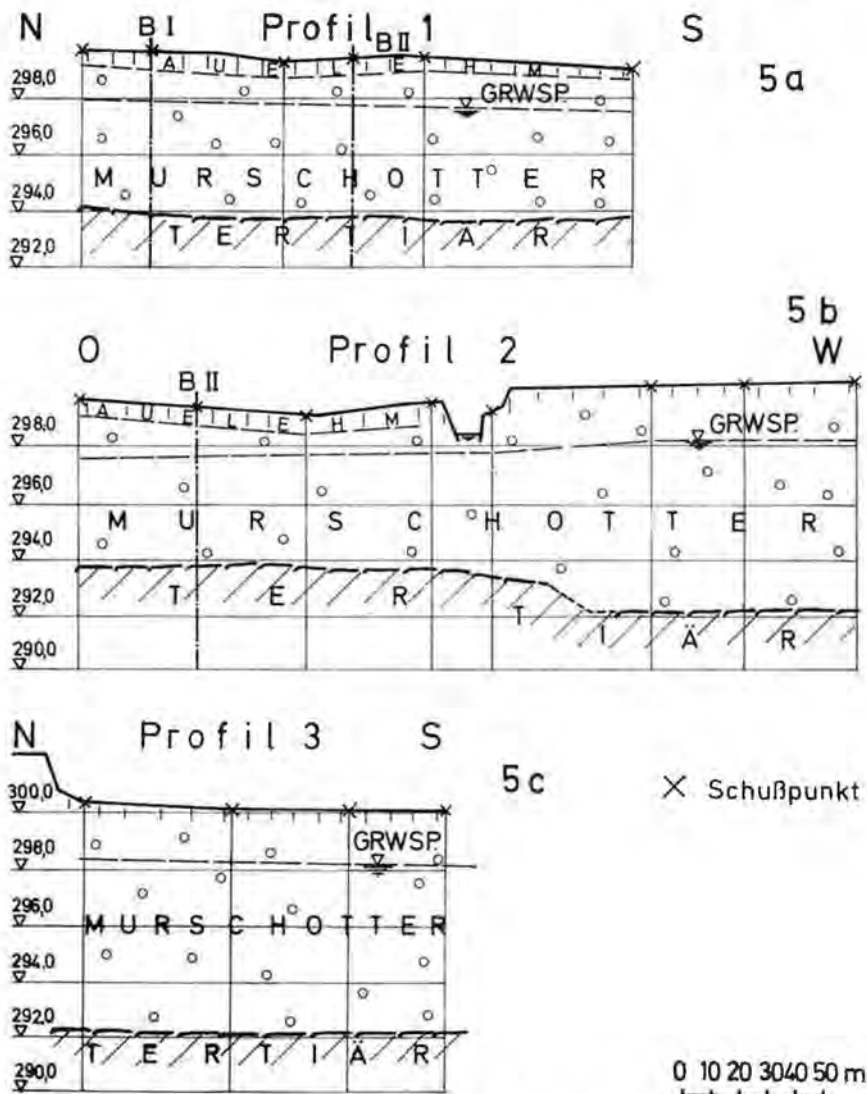


Fig. 5 a, b, c: Kraftwerksgelände bei Werndorf; geologische Profile, seismisch ermittelt.

Erstreckung) 20 bis 30 m westlich des Mühlganges um 1,5 bis 2 m tiefer (Fig. 5b). Die Tertiäroberfläche im Profil 3 (N—S-Verlauf) paßt sich dieser neuen Gegebenheit an (Fig. 5c).

Die Ausbildung solcher Geländestufen, auch im Tertiär des Grazer bzw. Leibnitzer Feldes, ist nichts Ungewöhnliches.

Beim Vergleich der beiden geophysikalischen Baugrunduntersuchungsmethoden kann ausgesagt werden, daß

- die Oberfläche des Tertiärgebirges im Bereich der geplanten Ölbehälter ungefähr 5 bis 6 m unter Gelände liegt,
- die Tiefe der Schmalwand fixiert erscheint,
- der Murschotter hier eine Mächtigkeit von ungefähr 5 m besitzt und
- der Auelehm zwischen 50 und 80 cm stark ist.

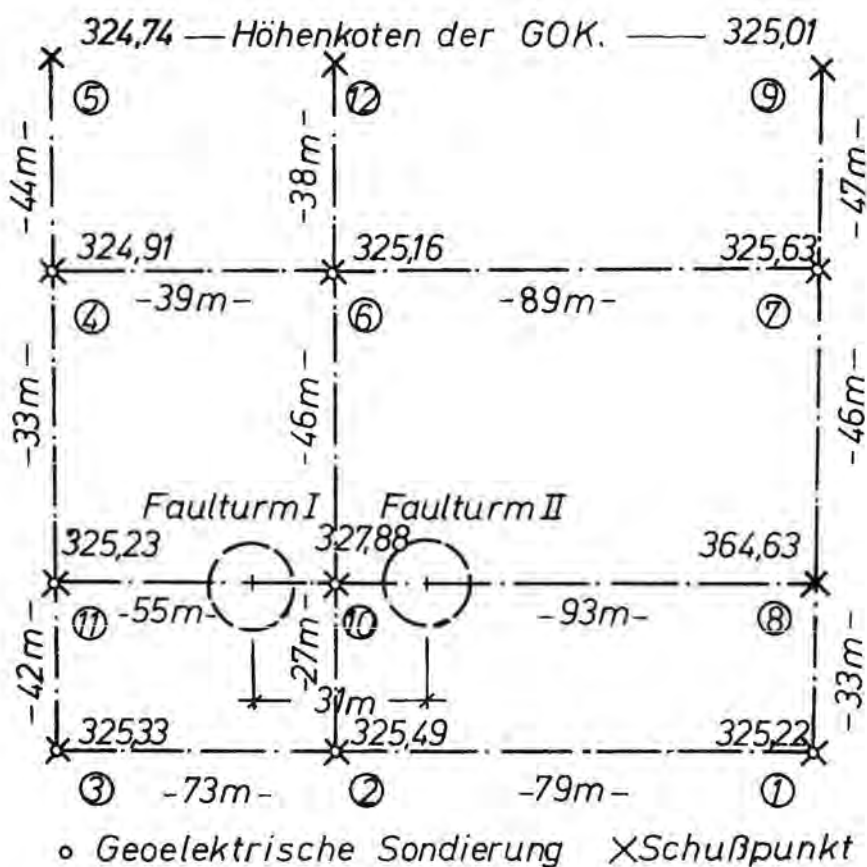


Fig. 6: Lageplanskizze der Messpunkte (geoelektrisch und seismisch); Faultürme Gössendorf.

3. 2. Gössendorf

Im Meßgebiet Gössendorf (Fig. 6) kann man im Prinzip den gleichen geologischen Aufbau feststellen wie in Werndorf, nur ist hier die sogenannte Auelehmschicht in der Fazies als humose Feinsandschicht ausgebildet. Ihre Widerstandswerte schwanken zwischen 350 und 1000 Ohm m. Der gemessene Widerstandswert in dem mit Grundwasser erfüllten Schotterkörper lag zwischen 180 und 450 Ohm m, hingegen in der verdichteten (künstlichen) Aufschüttung bei 1500 Ohm m (Fig. 7). Das Tertiärgebirge besitzt mit Werten zwischen 25 und 70 Ohm m (Mittelwert 40 Ohm m) annähernd die gleichen Widerstandswerte wie in Werndorf.

Die geophysikalischen Messungen wurden im Zeitraum von einer Woche durchgeführt.

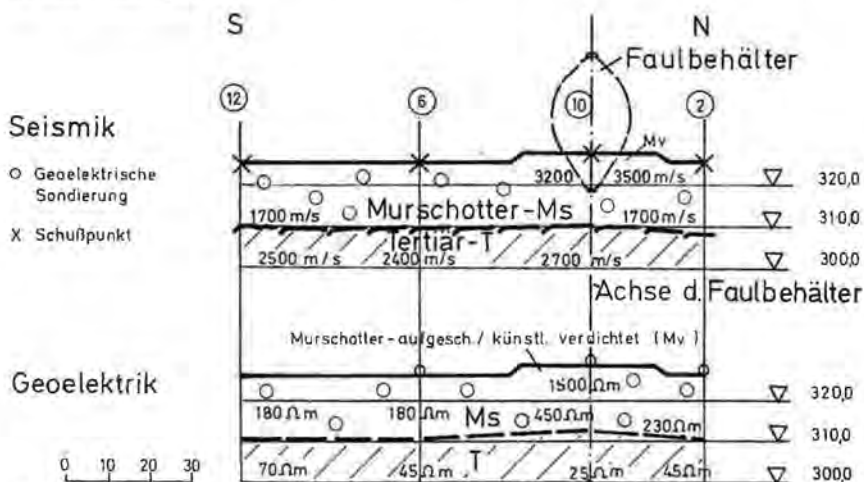


Fig. 7: Faulbehälter Gössendorf; geologische Profile, seismisch und geoelektrisch ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Baugrunduntersuchung zeigt Fig. 7, wobei festgestellt werden darf, daß die beiden Verfahren gut übereinstimmende Ergebnisse brachten.

Im natürlich gelagerten Murschotter pflanzen sich die Longitudinalwellen mit einer Geschwindigkeit von 1700 m/s fort. Die Faulbehälter sitzen im Murschotter, der im unteren Teil natürlich gelagert und im oberen Teil künstlich aufgeschüttet und verdichtet ist (3200 bis 3500 m/s).

Die Tertiäroberfläche wurde ungefähr auf Kote 310 m nachgewiesen, das ist rund 15 m unter Geländeoberfläche (ermittelte seismische Geschwindigkeit 2400 bis 2700 m/s).

Die Mächtigkeit der Murschotter wurde nach der geoelektrischen Methode ebenfalls mit rund 15 m ermittelt.

Der im Punkt 10 des geoelektrischen Profils aufscheinende Höcker ist infolge der vorhin erwähnten Aufschüttung als nicht signifikant zu werten. Somit verbleibt zwischen dem tiefsten Punkt des Faulbehälters und der Tertiäroberfläche noch eine 6 m mächtige Lage natürlichen Murschotters.

Wegen der Bauarbeiten und der damit zusammenhängenden ständig wechselnden Wasserhaltung wurde auf eine Darstellung der Grundwasserhältnisse bewußt verzichtet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß diese beiden geophysikalischen Methoden rasch und wirtschaftlich ein durch wenige Bohraufschlüsse gewonnenes Bild vervollständigen und einen schnellen großräumigen Überblick verschaffen können.

Literatur

- BEER, O. & F. WEBER: Die geophysikalischen Messungen beim Kraftwerk Gralla (Steiermark). Österreichische Wasserwirtschaft 20, 1/2, Wien 1968.
- BENTZ, A.: Lehrbuch der Angewandten Geologie. Band I, Stuttgart (F. Enke) 1961.
- BHATTACHARYA P, K. & H. P. PATRA: Direct current geoelectric sounding. New York (Elsevier) 1968.
- FLÜGEL, H.: Die jungquartäre Entwicklung des Grazer Feldes (Steiermark). Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 102, 1, Wien 1960.
- FLÜGEL H. & H. HERITSCH: Das steirische Tertiär-Becken. Stuttgart (Borntraeger) 1968.
- NIEDERL, H.: Überraschende Ergebnisse von Grundwasserentnahmen im südlichen Grazer Feld. Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, 21, Graz 1972.
- SEELMEIER, H.: Baugeologie, Kühlwasserpumpenhaus. Unveröff. Gutachten, Graz 1967.
- Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, Bericht der, beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung — Landesbaudirektion: Grundwasseruntersuchungen im südöstlichen Grazer Feld. 22, Graz 1973.

Anschriften der Verfasser:

o. Prof. Dr. H. SEELMEIER, Institut für Baugeologie der Technischen Hochschule in Graz, Technikerstraße 4, A-8010 Graz.

Dipl.-Ing. H. HÖNIG, Institut für Baugeologie der Technischen Hochschule in Graz, Technikerstraße 4, A-8010 Graz.